PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 40. 6. Juli 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

E. v. Everdingen jr., Hall-Effekt, Widerstand und Widerstandszunahme in Wismutkrystallen. S. 585.

Th. Des Coudres, Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom mittels des Hallschen Phänomens. S. 586.

J. Elster und H. Geitel, Über eine fernere Analogie in dem elektrischen Verhalten der natürlichen und der durch Becquerelstrahlen abnorm leitend gemachten Luft. S. 590.

Vorträge und Reden:

E. Wiechert, Prinzipien für die Beurteilung von Seismographen. S. 593.

Referate:

A. Raps, Über Ferndrucker. S. 596.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Hall-Effekt, Widerstand und Widerstandszunahme in Wismutkrystallen.[1])

Von E. van Everdingen jr.

Untersuchungen, im Jahre 1897 [2]) an verschiedenen Proben mehr oder weniger regelmässig krystallisiertem Wismut angestellt, hatten einen grossen Einfluss der Position der krystallographischen Hauptachse für die im Titel genannten Erscheinungen sicher nachgewiesen. Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn F. Louis Perrot in Genf hatte ich Gelegenheit, diese Untersuchungen zu wiederholen und zu erweitern mit Hilfe eines Wismutkrystalles, der auch Herrn Perrot für seine interessanten Beobachtungen der Thermoelektrizität[3]) gedient hatte.

Aus diesem Krystalle wurden 7 Säulchen herausgeschnitten, eins parallel der Hauptachse, die andern teils senkrecht dazu, teils unter 60° zur Hauptachse geneigt.

Wismut krystallisiert bekanntlich im hexagonalen System; die Erwartung, dass folglich alle zur Hauptachse senkrechten Richtungen äquivalent sein würden, hat sich durchaus bestätigt; einige geringe Abweichungen werden genügend erklärt durch kleine Mängel an Homogenität, wie in den Originalarbeiten[4]) ausführlich erörtert ist.

Die Beobachtung des Hall-Effektes geschah nach einem zuerst von Lebret benutzten Kompensationsverfahren[5]), welches gestattet, diese Erscheinung gänzlich frei von Störungen zu messen.

Folgende Tabelle enthält die wichtigsten Resultate. Das Säulchen No. 1 war parallel, No. 5 senkrecht zur Achse geschnitten. Die Zeichen ⊥ und ‖ deuten auf senkrechte resp. parallele Lage der Hauptachse in Bezug auf die Magnetkraftlinien.

Hall-Konstante *R*.

No.	Magnetfeld 4600		Magnetfeld 2600	
	⊥	‖	⊥	‖
1	—8,0	—	—10,2	—
5	—8,2	+0,6	—10,6	—0,1

Also ist in der Position ‖ die Hall-Konstante nicht nur viel kleiner als in der Position ⊥, sondern für das stärkere Feld selbst positiv, was an reinem Wismut niemals beobachtet worden war. Für die theoretische Deutung dieses Zeichenwechsels muss auf die Originalarbeiten verwiesen werden.

Die Untersuchungen über den Widerstand beschäftigen sich mit der Frage: Wie gross ist der Widerstand für eine willkürliche Richtung im Krystall, wenn die Magnetkraftlinien einen willkürlichen Winkel mit der Achse einschliessen?

Man hat hierbei zu achten auf die relative Lage von drei Richtungen: Hauptachse, Kraftlinien und Stromrichtung. Zuerst wurde der Widerstand ausserhalb des Magnetfeldes bestimmt; dann die Widerstandszunahme in den drei Gruppen I. Magnetkraft ⊥ Hauptachse; II. Magnetkraft ‖ Hauptachse; III. Magnetkraft schief zur Hauptachse (60°). In jeder dieser Gruppen wurde die Stromrichtung in Bezug auf Hauptachse und Magnetkraft soviel wie möglich variiert; und zwar wurden, weil man vermuten konnte, dass in jedem Falle ein Leitfähigkeitsellipsoid bestehen würde, zuerst die Richtungen der aus Symmetriegründen abzuleitenden Achsen gewählt, später zur Verifikation des Ellipsoids Richtungen in verschiedenen Achsenflächen.

Die Beobachtungsmethode war eine Modifikation derjenigen für den Hall-Effekt[1]) und

1) Ausführl. in Archives des sc. phys. et nat. (4) **11**, 433—448.
2) Verslag der Verg. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 21. April u. 26. Juni 1892, S. 494 u. 68. Comm. Phys. Lab. Leiden **37**, 7; **40**, 3.
3) Archives des sc. phys. et nat. (4) **6**, 121, 1898.
4) Versl. der Verg. kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 29. Sept. u. 29. Dez. 1900, S. 277 u. 448; Comm. No. 61.
5) Versl. der Verg. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 18. April 1895, S. 284, 30. Mai 1896, S. 47; Comm. **19**, 3, **26**, 3.

1) Weiteres über diese Methode: Versl. der Verg. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 25. März 1899, S. 406; Comm. **48**, 6.

hat einige Ähnlichkeit mit einer Thomsonschen Brücke.

Da eine Wiedergabe der einzelnen Resultate zuviel Raum beanspruchen würde, müssen die nachstehenden Schlussfolgerungen 2—6 und einige Zahlenangaben genügen.

Schlussfolgerungen.

1. In Wismutkrystallen ist die Hall-Konstante gross für eine Magnetkraft senkrecht zur Hauptachse, sehr klein für eine der Achse parallele Kraft (von derselben Grössenordnung wie in anderen Metallen, z. B. Antimon), während für eine willkürliche Richtung der Magnetkraft die Konstante mit Hilfe eines Ellipsoids aus den für die Hauptfälle geltenden Werten berechnet werden kann.

2. Ausserhalb des Magnetfeldes kann der Widerstand des krystallinischen Wismuts für jede Richtung mit Hilfe eines Umdrehungsellipsoids auf der Hauptachse berechnet werden, deren Halbmesser den Quadratwurzeln aus der Leitfähigkeit proportional sind (Achsenverhältnis etwa $\sqrt{5} : \sqrt{3}$).

3. In einem der Achse parallelen Magnetfeld giebt es ebenfalls ein Umdrehungsellipsoid, dessen Achsen sich nur wenig von denen im vorgehenden Falle unterscheiden.

4. In einem zur Achse senkrechten Felde sind alle drei Achsen verschieden, und ist die Änderung gegen die Achsen ausserhalb des Magnetfeldes bedeutender (Achsenverhältnis im Magnetfelde 4600 etwa $\sqrt{5{,}7} : \sqrt{3{,}2} : \sqrt{3{,}1}$; prozentische Widerstandszunahme für die Richtung der Achse 13,5, für die Richtung der Magnetkraft 4,5, für die dritte, zu beiden senkrechte, Richtung 8,0).

5. Auch in einem willkürlichen Magnetfelde kann ein Ellipsoid angegeben werden, dessen Achsen man jetzt durch die Superposition der Achsenänderungen in den Hauptfällen erhält.

6. In einer Wismutplatte wird im allgemeinen der Widerstand nach zwei unter sich senkrechten Richtungen in ein und demselben Magnetfelde nicht im selben Verhältnisse vermehrt; hierdurch findet die Dissymmetrie des Hall-Effektes im Wismut ihre Erklärung.

(Eingegangen 9. Juni 1901.)

Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom mittels des Hallschen Phänomens.

Von Th. Des Coudres.

Schickt man einen Wechselstrom J_t durch die Drahtspule S und zugleich durch die gemäss Fig. 1 inmitten der Spule aufgestellte

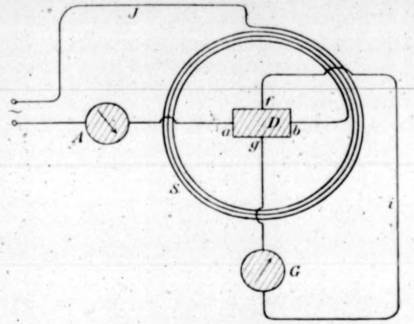

Fig. 1.

dünne Wismutplatte D, so zeigt das mit den Hallelektroden f und g verbundene d'Arsonvalspiegelgalvanometer G Gleichstrom an. Natürlich! Denn Hauptstrom J_t und das von ihm erzeugte Magnetfeld ändern ihren Sinn immer gleichzeitig. Bei Vertauschung der Primärstromklemmen a und b wechselt der Gleichstrom i das Zeichen. Wir können auch S durch die Bewickelung eines Elektromagneten (Fig. 2) aus

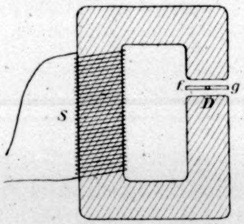

Fig. 2.

unterteiltem Eisen ersetzen und die Hallplatte in dem Luftspalte normal zu den Kraftlinien des magnetischen Wechselfeldes anbringen. Dann wird Strom i so stark, dass er mit einem technischen Zeigervoltmeter gemessen und einem grösseren Auditorium demonstriert werden kann. Die Vorführung der Hallschen Wirkung in dieser Form ist darum sehr bequem, weil die Sekundärelektroden f und g nicht ängstlich auf einer Äquipotentiallinie des Hauptstromes J_t zu liegen brauchen. Eine in den Hallstromkreis eindringende Wechselstromkomponente wirkt ja nicht auf das Gleichstrominstrument G.

1) Technisch rationelle Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom leistet eine derartige Vorrichtung nicht. Das lehrt folgende Überschlagsrechnung. Ein Volumelement

von Gestalt der rechteckigen Säule mit den Kantenlängen l, b, d werde in Richtung l vom Primärstrom J durchflossen, parallel d wirke das Magnetfeld H und erzeuge in Richtung b den Hallstrom i. Ist γ die spezifische Leitfähigkeit des Materiales, R sein Hallsches Drehungsvermögen und bezeichnen wir mit E die Potentialdifferenz in den Mittelpunkten von Eintritts- und Austrittsfläche des Stromes J, mit e die entsprechende Spannungsdifferenz für den Hallstrom i, so liefert die Boltzmannsche[1]) Theorie die Beziehungen

$$i = RH\gamma \cdot \frac{l}{b} \frac{1}{1+\varphi} J$$

$$1) \quad E = \frac{l}{\gamma b d}\left(1 + \frac{(RH\gamma)^2}{1+\varphi}\right) J$$

$$e = w \frac{RH\gamma l}{b(1+\varphi)} J,$$

wo w der Widerstand ist, den der Hallstrom ausserhalb des betrachteten Volumelementes zu überwinden hat und φ eine Abkürzung für

$$\frac{\frac{w}{b}}{\gamma l d}$$

den Quotienten von diesem äusseren und dem inneren Widerstande des Hallstromkreises.

Aus Gleichungen (1) folgt

$$2) \quad \frac{e \cdot i}{E \cdot J} = (RH\gamma)^2 \frac{\varphi}{(1+\varphi)[1+(RH\gamma)^2+\varphi]}$$

Das Verhältnis der als Hallsche Wirkung aus dem Volumelement austretenden Energie zu der mit dem Primärstrom eintretenden Energie hängt also ausser vom Magnetfelde und den Substanzeigenschaften R und γ nur vom Widerstandsquotienten φ ab. Der Nutzeffekt wird ein Optimum für

$$\varphi = \sqrt{1+(RH\gamma)^2}$$

nämlich gleich

$$3) \quad \frac{ei}{EJ} = \frac{\sqrt{1+(RH\gamma)^2} \cdot (RH\gamma)^2}{2[1+(RH\gamma)^2] + [2+(RH\gamma)^2]\sqrt{1+(RH\gamma)^2}}$$

Bei reinem Wismut, der Substanz mit den grössten Werten, von $R \cdot \gamma$ mag für Felder von $H =$ ungefähr 6000 das Produkt $RH\gamma$ etwa den Betrag $\frac{50000}{200000} = \frac{1}{4}$ erreichen, um bei stärkeren Feldern wieder abzunehmen.[2]) Das gäbe immer erst ein Güteverhältnis

$$\frac{ei}{EJ} = \frac{1}{66}$$

und experimentell wird man gezwungen sein, stets noch weit unter diesem Bruchteile prinzipiell in Hallenergie verwandelbarer Primärstromenergie zu bleiben.

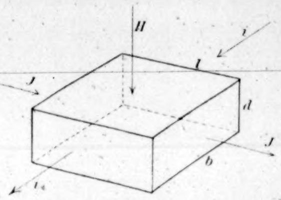

Fig. 3.

Müssig scheinen zunächst auch Betrachtungen darüber, inwieweit durch Vorrichtungen nach Art unseres Schemas (vgl. auch unten Fig. 4) etwa der Grad der Unordnung elektromagnetischer Strahlung beeinflussbar gedacht werden könnte.

Praktisch anwendbar dagegen dürfte sich die Versuchsanordnung für eine Reihe von Messzwecken erweisen.

2) In erster Linie zur Bestimmung Hallscher Koeffizienten R. Ist C die Feldstärke am Ort der Hallplatte D, wenn 10 Ampère durch Spule S fliessen, so beträgt die elektromotorische Kraft des Halleffektes beim Primärstrom J_t in jedem Momente

$$E_t = \frac{R \cdot C \cdot (J_t)^2}{d}$$

wenn d die Dicke der Platte bezeichnet und E und J wie alle anderen Grössen in *cgs* System gemessen sind. Die Periode von J_t sei T dann zeigt Galvanometer G den Strommittelwert

$$i = \frac{\frac{1}{T}\int_0^T E_t\,dt}{W} = \frac{R\,C}{d} \frac{\frac{1}{T}\int_0^T J_t^2\,dt}{W}$$

an. W ist hier einfach der Gleichstromwiderstand des Hallstromkreises, denn die periodischen Glieder des pulsierenden Hallstromkreises, für welche andere Widerstandswerte gelten, wirken ja überhaupt nicht auf das Gleichstrominstrument G. Der Faktor $\frac{1}{T}\int_0^T J_t^2\,dt$ andererseits ist das Quadrat des von einem Wechselstromampèremeter etwa einem Hitzdrahtmessgerät, angezeigten Effektivwertes J. Formel

$$R = \frac{d\,W \cdot i}{C\,J^2} \qquad 4)$$

gilt also unabhängig von Frequenz und Kurvenform des Primärstromes J_t. Mit einer nach

1) Sitzungsber. der Wiener Akad. **94**, Abt. II, 657, 1886.

2) v. Ettingshausen und Nernst, Sitzungsber. der Wiener Akad. **94**, Abt. II, 591, 1886.

Righis Vorschrift[1]) auf Glas hergerichteten Schicht aus käuflichem Wismut (2 cm Breite, 6 cm Länge, 0,006 cm Dicke) und einer felderzeugenden Spule von 22 cm Durchmesser, in deren Centrum $C = 27,4$ betrug, ergab sich bei $\mathfrak{J} = 0,0135$ und 50 Perioden in der Sekunde $i \cdot W$ zu 385, also mit Berücksichtigung der Halleffektvorzeichenkonvention

$$R = -4,6.$$

Man wird das Bedenken äussern, ob ein so im magnetischen Wechselfelde gewonnener Wert des Rotationsvermögens gleich dem für konstantes Feld definierten Werte gesetzt werden darf, das Bedenken, ob der Halleffekt momentan mit dem Felde in vollem Betrage zu stande kommt. Diese Frage nach etwaigen Trägheits- oder Reibungserscheinungen beim Hallschen Phänomen wird durch die Eichhornschen[2]) Messungsresultate über den Widerstand des Wismuts im veränderlichen magnetischen Felde besonders nahe gelegt und bildete thatsächlich den ersten Anlass für Zusammenstellung der experimentellen Anordnung Figur 1. Orientierende Vorversuche ergaben aber selbst bei Verwendung von Teslaströmen von über einer Million Perioden in der Sekunde so starke Halleffekte, dass für die Wechselzahlen unserer Starkstrommaschinen kein irgend störendes zeitliches Zurückbleiben der Hallschen Wirkung gegen das Feld zu erwarten stand. Quantitative Prüfung hat dies bestätigt. Nicht nur mit Maschinenwechselstrom wurde in den Beobachtungsfehlergrenzen derselbe Halleffekt erhalten wie mit Gleichstrom. Es konnte als Hauptstrom $\mathfrak{J}_t$ auch der Sekundärstrom eines Transformators benutzt werden, dessen Primärkreis von einem Simonschen Unterbrecher gespeist wurde und das Verhältnis der Ausschläge der Galvanometer A und G blieb das gleiche

	Gleichstromversuch	Versuch mit etwa 700 Wechseln pro Sek.
$\mathfrak{J}$	940	940
i	1350	1355

Ein Vorteil der Verwendung von Wechselfeld und Wechselstrom bei Ermittelung von Hallschem Rotationsvermögen ist offenbar zunächst: man kann die Stromdichte in der Platte sehr viel stärker als bei Beobachtungen mit Gleichstrom nehmen, denn ungleichmässige Widerstandsänderungen in der Platte durch Joulesche Wärme schaden ja nichts. Mit einem Galvanometer von der nur geringen Empfindlichkeit 1 mm $= 2,4 \cdot 10^{-6}$ Volt liess sich der Halleffekt noch bei Schablonenkupferblech, bei Aluminiumfolie, ja selbst bei Stanniol messen. Nahm man bis zu $H = 3500$ die Feldstärke des Elektromagneten dem magnetisierenden Strom proportional an, so berechnete sich R für

Cu zu	$-0,0007$	$(-0,00052)$
Al	$-0,00019$	$(-0,00048)$
Sn	$-0,000013$	$(-0,00004)$

Zum Vergleich sind die v. Ettingshausen-Nernstschen Werte in Klammern beigefügt. Die mittlere Feldstärke hatte 2500 betragen. Wechselfelder dieser Grösse erzeugen in den Hallplatten durch Induktion übrigens so erhebliche elektromotorische Kräfte, dass der Spiegel des d'Arsonval-Instrumentes meist nach Art eines Oszillographen zittert. Durch eine Kompensationsspule im Hallstromkreise, die einer Drahtspule des primären Kreises genähert werden kann, ist dieser Übelstand einfach beseitigt und die volle Schärfe der gespiegelten Skalenstriche wieder hergestellt.

Bei einem Metalle wie Wismut ist eine weitere Annehmlichkeit der Methode, dass Abhängigkeit des Plattenwiderstandes vom Magnetfelde und thermomagnetischer Effekt nicht stören. In den beiden Stellungen eines vor der Feldmagnetspule befindlichen Kommutators wurden dem entsprechend bei Wismut bis auf 1 ‰ entgegengesetzt gleiche elektromotorische Kräfte des Halleffektes beobachtet. Nur eine Bedingung musste dabei erfüllt sein: Falls man nicht den ganzen Magnetisierungsstrom als Primärstrom durch die Platte schickt, so darf der Widerstand der Abzweigung nicht zu klein gewählt werden. Anderenfalls entstehen in der Abzweigungsschleife durch das magnetische Feld Wechselströme von verschobener Phase und diese Ströme geben ihrerseits zu Hallschen Wirkungen Anlass. Man kann diese Thatsache drastisch in der Weise demonstrieren, dass man die Primärleitung überhaupt mit keiner Stromquelle verbindet. Zwei Elektroden a und b der dünnen Wismutplatte (Fig. 4) sind durch eine oder ein Paar

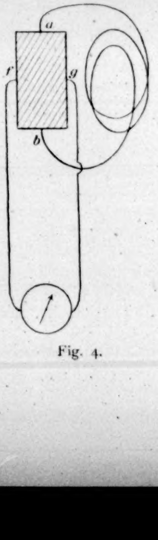

Fig. 4.

1) Journ. d. Phys. (2) **3**, 132, 1884.

2) Diese Zeitschrift **1**, 81, 1899 und Drudes Ann. **3**, 20, 1900.

Drahtwindungen kurz geschlossen; f und g werden mit einem Galvanometer verbunden. Dann braucht man nur in der Nähe einen Elektromagneten mit Wechselstrom zu erregen und das Gleichstromgalvanometer giebt einen dauernden konstanten Ausschlag.

Ein letzter Vorzug der Methode macht sich bei Untersuchung flüssiger Leiter geltend. Zwar Wirbel entstehen infolge der ponderomotorischen Kräfte zwischen Feld und Primärstrom in gleicher Weise, mag man mit konstantem oder mit Wechselstrom arbeiten. Auch wechseln bei Umlegen der Kommutatoren vor Hallplatte oder Feldmagnet die ponderomotorischen Kräfte in gleicher Weise das Zeichen wie der Halleffekt. Während aber in konstantem Felde die durch die Wirbelbewegungen erzeugte Induktion Veranlassung zu störenden konstanten Strömen im Hallkreise geben kann, fällt diese Möglichkeit im Wechselfelde weg. Den Halleffekt fälschen oder einen nicht vorhandenen vortäuschen können die Wirbel hier nur dadurch, dass sie durch Wärmekonvektion an den Hallelektroden Temperaturdifferenzen erzeugen, die zu Thermokräften Anlass geben. Analoge Thermoströme weckt das galvanomagnetische Phänomen. Schutz gegen beide Störungen gewährt der v. Ettingshausensche Kunstgriff[1]) genügend langer Vorsprünge aus der Hallplatte aus dem Hallplattenmaterial, damit trotz der durch das Feld in der Hallplatte hervorgerufenen Wärmebewegungen die Lötstellen, Plattenmetall, Kupfer oder Platin auf konstanter Temperatur bleiben. Zur Prüfung, ob bei Flüssigkeiten sich nicht noch unvorhergesehene Übelstände geltend machen, wurden Quecksilber und ziemlich konzentriertes flüssiges Wismutamalgam auf Halleffekt geprüft. Die Metalle waren zwischen Glasplatten zu 0,05 mm dünnen Schichten ausgebreitet. Doch möchte ich auf die Resultate

$$R \text{ für } Hg = -0{,}00052$$

$$\text{für } Bi \text{ amalgam} = -0{,}00124$$

keinen sonderlichen Wert legen, da bei der Versuchsanordnung auf die Fehlerquelle der Thermokräfte durch Flüssigkeitswirbel noch nicht peinlich genug Rücksicht genommen war.

Unzweckmässig ist die Wechselfeldmethode wohl, sobald man vornehmlich die Veränderlichkeit von R mit der Feldstärke studieren will. Ihre Vorteile dürften dagegen besonders ins Gewicht fallen bei Bearbeitung von Problemen, wie der von Drude und Nernst[2]) aufgeworfenen Frage nach dem Rotationsvermögen des Wismuts in unmittelbarer Nähe seines Schmelzpunktes, einer Frage, welche durch v. Everdingens Forschungen über die Abhängigkeit des Hallschen Phänomens beim Wismut von der Krystallstruktur[1]) erhöhtes Interesse gewonnen hat. Im Göttinger physikalischen Institute ist zur Zeit ein Herr mit Untersuchungen nach dieser Richtung beschäftigt. Auch ein Versuch, die Anordnung auf Elektrolyte anzuwenden, verlohnte sich vielleicht der Mühe.

3) Die Kombination von magnetfelderzeugender Spule und Hallplatte aus einer sehr dünnen Wismutschicht kann andererseits als Dynamometer benutzt werden. Bei geringen Feldstärken scheint R genügend unabhängig von H zu sein.

Leitet man denselben Strom durch Spule und Platte, so hätte man gemäss Formel 4) oder

$$J = \sqrt{\frac{dw}{CR} \cdot r \cdot \alpha} = \text{const.} \sqrt{\alpha} \qquad (5$$

ein Ampèremeter. α ist der Ausschlag des Gleichstromgalvanometers, r sein Reduktionsfaktor. Beispielsweise fand sich mit Strom von 100 Wechseln pro Sekunde

J	α	$\frac{\sqrt{\alpha}}{J}$
0,3 Amp.	18	14,13
0,6	73	14,25
0,9	160	14,06

Nullinstrumentverwendung in der Brückenkombination: entsprechend Kohlrauschs Dynamometerschaltung leitet man den ungeteilten Strom durch die Feldspule und nimmt nur die Hallplatte in die Brücke.

Für Wattbestimmungen schicken wir den Hauptstrom J_t durch die Spule S, den Spannungsstrom V_t durch einen Vorschaltwiderstand und die Hallplatte. Der Hallstromgalvanometerausschlag wird dann

$$\alpha = \frac{RC}{rdw} \frac{1}{T} \int_0^T J_t V_t \, dt = \text{const.} \frac{1}{T} \int_0^T J_t V_t \, dt \qquad (6$$

Vergleich mit den Angaben P eines Dynamometers von Ganz & Comp. zeigte gute Übereinstimmung.

	P	α	$\frac{P}{\alpha}$	J	Spannung	Leistungsfaktor $\cos\varphi$
I	397	45	1,136	2,9	138	0,993
II	303 Watt	34	1,122	6,6 Amp.	58 Volt	0,79
III	95	11	1,158	2,8	125	0,33

Verbraucht wurde die Arbeit bei I in reinem Widerstande bei II in offenem Hufeisenelektromagneten bei III in Drosselspule ohne Luftspalt. Dem Dynamometer gegenüber hat die Hallvorrichtung den Vorzug sehr kleiner Selbstinduktion des Spannungsstromkreises. Die Empfindlichkeit wird gesteigert durch Dünnermachen der Wismutschicht.

1) Wied. Ann. **31**, 751, 1887.
2) Wied. Ann. **42**, 576, 1891.

1) Comm. from the physical. Lab. Leiden Nr. 61, 1900. Vergl. auch vorstehende Mitteilung.

Natürlich lässt sich die Vorrichtung auch bei Analyse von Wechselströmen[1]) statt des Dynamometers benutzen. Sie kann eben in jeder Hinsicht ein Dynamometer ersetzen.

4) Die Hallvorrichtung ermöglicht aber obendrein noch eine Messung, die das Dynamometer nicht leistet, nämlich die **direkte harmonische Analyse magnetischer Wechselfelder.** Direkt soll heissen: Ermittelung einzelner Koeffizienten der Fourierschen Reihe

$$H_t = A_1 \sin \frac{2\pi}{T} t + A_2 \sin 2 \frac{2\pi}{T} t + \ldots$$
$$+ B_1 \cos \frac{2\pi}{T} t + B_2 \cos 2 \frac{2\pi}{T} t + \ldots$$

ohne die Gestalt der Kurve H_t vorher bestimmen zu müssen. Befindet sich die Hallplatte normal zu den Kraftlinien im Felde H_t von der Periode T und wir benutzen als Hauptstrom $\mathfrak{J}_t$ den Strom $\mathfrak{J}_n \cdot \sin \left(n \frac{2\pi t}{T}\right)$ eines Sinusinduktors von der Periode $\frac{T}{n}$, so resultiert der Gleichstromausschlag

$$\alpha_n = \frac{R \mathfrak{J}_n}{r d w} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T H_t \sin \left(2\pi n \frac{t}{T}\right) dt$$

und daraus der Koeffizient des $n$ten Sinusgliedes der trigonometrischen Entwickelung von H_t

$$\text{7a)} \quad A_n = \frac{1}{T} \int_0^T H_t \sin \left(2\pi n \frac{t}{T}\right) dt = \frac{\alpha_n \cdot r \cdot d \cdot w}{R \mathfrak{J}_n}$$

Analog ergiebt sich nach Verschiebung der Phase des Sinusinduktorstromes um 90° aus dem Galvanometerausschlag β_n das entsprechende Cosinusglied

$$\text{7b)} \quad B_n = \frac{\beta_n \cdot r \cdot d \cdot w}{R \mathfrak{J}_n}.$$

Oder wenn allein die Amplitude $C_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2}$, nicht auch die Phase der $n$ten Oberschwingung interessiert, so beobachtet man nur in der Induktorstellung, welche den maximalen Galvanometerausschlag γ_n giebt und erhält

$$\text{7c)} \quad C_n = \frac{\gamma_n \cdot r \cdot d \cdot w}{R \mathfrak{J}_n},$$

Phasenbestimmungen erfordern analog, wie bei Stromanalyse, Kenntnis der Sinusinduktorstromphasen und diese Ermittelungen sind in praxi etwas umständlich.

Beispiel einer mit der oben angegebenen Wismutplatte und dem ebendort genannten d'Arsonvalgalvanometer ausgeführten Feldanalyse:

$\mathfrak{J}_1 = 0{,}05$ Amp. $\mathfrak{J}_2$ 0,105 $\mathfrak{J}_3 = 0{,}151$
$\gamma_1 = 150$ $\gamma_2 < 0{,}5$ $\gamma_3 = 12$

Daraus $C_1 = 100$ gesetzt: $C_2 = 0$; $C_3 = 4$, also ziemlich streng sinusförmig veränderliches Feld.

Hier wie bei allen angegebenen Verwendungen des Wismuts zu Messzwecken ist vorausgesetzt, dass man die Platte nur in Feldgegenden bringt, wo die Maximalwerte von H_t noch so klein sind, dass R als merklich konstant betrachtet werden kann. Ebenso darf der Primärstrom die Temperatur der Platte nicht erheblich beeinflussen, wenn die Formeln anwendbar bleiben sollen.

Göttingen.

(Eingegangen 17. Juni 1901.)

1) Th. Des Coudres, Verh d. phys. Ges. z. Berlin **17**, 129, 1898, Elektrotechn. Z. S. 753 u. 771, 1900.

Über eine fernere Analogie in dem elektrischen Verhalten der natürlichen und der durch Becquerelstrahlen abnorm leitend gemachten Luft.

Von J. Elster u. H. Geitel.

E. Rutherford[1]) hat gefunden, dass Luft, die über Thoriumoxyd geleitet wird, die Eigenschaft erhält, andere Stoffe, mit denen sie in Berührung kommt, vorübergehend radioaktiv zu machen, und dass diese Wirkung bedeutend dadurch gesteigert werden kann, dass man den dem Versuche unterworfenen Körper negativ elektrisiert, solange er von der von dem Thoriumoxyde kommenden Luft umgeben ist. Eine positive Ladung des Körpers hat diesen die Aufnahme der induzierten Strahlung begünstigenden Einfluss nicht.

Die von den so künstlich aktivierten Substanzen ausgehenden Becquerelstrahlen lassen sich am einfachsten durch ihre Eigenschaft nachweisen, die Luft durch Ionisierung leitend zu machen; aber auch Wirkungen auf die photographische Platte können erzielt werden. Nach Dorn[2]), Curie und Debierne[3]) lassen sich mit Radiumpräparaten Erscheinungen hervorrufen, die im wesentlichen von derselben Art sind.

Da nun die natürliche atmosphärische Luft, abgesehen von den sehr bedeutenden graduellen Unterschieden, hinsichtlich ihres elektrischen Leitvermögens bemerkenswerte Analogien mit solchen Gasen zeigt, die mit radioaktiven Stoffen in Berührung waren, so lag es nahe, nach einer ohne Mitwirkung jener Substanzen durch die

1) E. Rutherford, Phil. Mag. **49**, 1 u. 161, 1900.
2) E. Dorn, Sitzungsber. der naturforschenden Gesellschaft in Halle. Juni 1900.
3) P. Curie u. A. Debierne, C. R. **132**, 548 u. 768, 1901. Diese Zeitschr. **2**, 500 u. 513, 1901.

Luft allein bewirkten induzierten Strahlung zu suchen.

Die ersten vor etwa Jahresfrist nach dem Bekanntwerden der Rutherfordschen Entdeckung in dieser Richtung gemachten Versuche hatten nur ein unsicheres Ergebnis gehabt, da die Empfindlichkeit der Messungsmethode nicht ausreichte. Während der Untersuchungen über das elektrische Verhalten abgeschlossener Luftmengen erhielt aber der Gedanke, dass eine solche induzierte Strahlung existieren könne, durch die aufs neue hervortretenden Analogien der bezeichneten Art weitere Nahrung, zugleich ergab sich von selbst eine sichere und empfindlichere Methode.

Bringt man unter die früher beschriebene geräumige Glasglocke[1]), unter der das zur Messung der Leitfähigkeit der eingeschlossenen Luft dienende Elektroskop mit aufgesetztem Zerstreuungskörper steht, das von aussen durch eine Sonde geladen werden kann und zur Vermeidung störender Ladungen der Glaswand von einem allseitig geschlossenen Mantel aus Drahtnetz umgeben ist, eine, wenn auch äusserst schwach radioaktive Substanz, so wird sich deren Gegenwart durch die vermehrte Elektrizitätszerstreuung zu erkennen geben.

Wir benutzten nun eben diesen Mantel aus Drahtnetz, der das Elektroskop umgiebt, als den Versuchskörper, in welchem wir eine induzierte Strahlung durch Kontakt mit der freien Luft hervorzurufen suchten.

Zunächst wurde der Spannungsverlust bestimmt, den das von dem Drahtnetze umgebene Elektroskop durch die normale Zerstreuung bei frisch eingelassener Luft in einer bestimmten Zeit unter der Glocke erleidet. Alsdann setzten wir das Drahtnetz mit positiver oder negativer Ladung der freien Luft im Garten mehrere Stunden lang aus. Diese Ladung geschah mittels eines Hochspannungsakkumulators in Reihenschaltung mit einer Zambonischen Säule oder besser durch eine mit der Wasserleitung betriebene Art von Wasserinfluenzmaschine[2]), im ersten Falle mochte die Potentialdifferenz gegen die Erde etwa 600 Volt, im zweiten einige Tausend Volt betragen, entsprechend einer Funkenschlagweite von 1—2 mm.

Nach beendigter Exposition wurde das Drahtnetz wieder über das Elektroskop und über das Ganze die Glasglocke gesetzt und die Zerstreuung von neuem bestimmt. Es ergab sich nun stets eine wesentliche — zuweilen sehr beträchtliche — Zunahme der Zerstreuung beider Elektrizitätsarten unter der Glocke, wenn das Drahtnetz negative Ladung gehabt hatte, bei positiver blieb sie aus. Die Wirkung zeigte sich sowohl bei Drahtgeflechten aus Messing wie aus verzinktem Eisen, auch grosse Stücke dünnen Kupferblechs, von Karton oder Leinen sowie Pflanzenblätter gaben qualitativ dasselbe Resultat. Die so erzielte abnorme Leitfähigkeit der Luft, d. h. die ionisierende Wirkung des vorher exponierten Körpers, nimmt, wie bei den Rutherfordschen Versuchen, im Laufe der Zeit ab, doch kann sie nach einem Tage noch erkennbar sein, selbst wenn die Luft unter der Glocke unterdessen öfter erneuert wird. Sie ist um so kräftiger und anhaltender, je länger und mit je höherer Ladung der Versuchskörper der freien Luft ausgesetzt war, hängt aber auch wahrscheinlich von meteorologischen Verhältnissen ab. Folgende Beobachtungsreihen mögen als Beleg dienen.

26. Mai, Messingdrahtzylinder. (2 mm Maschenweite.)

8—9^h a. Spannungsabnahme pro Stunde vor der Exposition: **37** Volt.

9^h 5—11^h. Der Cylinder negativ geladen exponiert.

11^h 5—12^h 5. Spannungsabnahme pro Stunde: **63** Volt.

12^h 8—2^h 7. Spannungsabnahme pro Stunde: **47,5** Volt.

27. Mai, Messingdrahtzylinder.

7^h a 20—8^h 20. Spannungsabnahme pro Stunde vor der Exposition: **44** Volt.

8^h 40—10^h 40. Der Cylinder positiv geladen exponiert.

10^h 43—11^h 43. Spannungsabnahme pro Stunde: **38** Volt.

29. Mai, Netz aus verzinktem Eisendraht. (20 mm Maschenweite.)

8^h 22a—9^h 22. Spannungsabnahme pro Stunde vor der Exposition: **47** Volt.

9^h 35—10^h 20. Der Cylinder positiv geladen exponiert.

10^h 24—11^h 9. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **45,3** Volt.

11^h 15—12^h 0. Der Cylinder negativ geladen exponiert.

12^h 3—12^h 48. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **97,3** Volt.

1^h —2^h 5. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **67,0** Volt.

5^h 0—6^h 0. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **42,0** Volt.

31. Mai, Netz aus verzinktem Eisendraht.

8^h 20a—11^h 30. Der Cylinder negativ geladen exponiert.

11^h 33—11^h 48. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **244** Volt.

1) Vgl. die Mitteilung in dieser Zeitschrift **2**, 560, 1901.

2) Der einfache Apparat, aus der Kombination zweier Thomsonscher Waterdropper bestehend, ist von uns beschrieben: Wied. Ann. **25**, 114, 1885.

12^h 24—12^h 39. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **192** Volt.

9^h 1—9^h 31. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde (Glocke inzwischen gelüftet). **53** Volt.

19. Juni: Versuche an Pflanzenblättern, die auf das Netz aus verzinktem Eisendraht gelegt wurden.

2^h 4—2^h 19p. Drei nicht vorher geladene Rosskastanienblätter liegen auf dem Drahtnetze. Spannungsabnahme berechnet auf die Stunde: **48,4** Volt.

2^h 25—2^h 40. Drei ebensolche, aber 16 Stunden lang mit negativer Ladung exponierte Blätter. Spannungsabnahme berechnet auf die Stunde: **321,6** Volt.

21. Juni: Fortsetzung.

2^h 3—2^h 18p. Drei nicht geladene Blätter, wie oben. Spannungsabnahme, berechnet auf die Stunde: **69,6** Volt.

2^h 26—2^h 41. Drei ebensolche, 16 Stunden positiv geladen exponiert. Spannungsabnahme pro Stunde: **68,8** Volt.

(Das Drahtnetz war vom 19. Juni abends bis zum 20. morgens negativ geladen exponiert gewesen, daher war am 21. Juni noch eine etwas erhöhte Leitfähigkeit der Luft bemerkbar, die aber durch das Einbringen der vorher positiv geladenen Blätter nicht zunahm).

Die Ladung der im Freien exponierten Objekte geschah in allen diesen Fällen mittels der Wasserinfluenzmaschine.

Sehr geeignet zu den beschriebenen Versuchen erwiesen sich auch 10—20 m lange Kupferdrähte von 0,5 mm Stärke, die im Garten isoliert ausgespannt bis zu etwa 2 mm Schlagweite geladen wurden. Nach 24stündiger Exposition rollten wir sie ein und legten sie auf das Drahtnetz unter der Glasglocke. Die Beschleunigung der Zerstreuung ist bei vorhergegangener negativer Elektrisierung sehr deutlich, auch dann, wenn man die Drahtrolle in Aluminiumfolie einwickelt. Vorhergehende positive Ladung hat keine derartige Wirkung.

Reibt man den Draht, nachdem er 24 Stunden negativ geladen ist, mit einem Stücke Fliesspapier kräftig ab, so nimmt das Papier eine geringe Aktivität an. Eine stärkere Wirkung erzielt man dadurch, dass man — ähnlich wie Rutherford bei seinen Versuchen über induzierte Thorstrahlung verfuhr — das Papier vor dem Abreiben des Drahtes mit etwas Salzsäure befeuchtet, die man nachher sofort durch Erhitzen in einer Porzellanschale verjagt, bis das Papier verglimmt. Die so erhaltene Kohle ist verhältnismässig stark aktiv, doch nimmt die Wirkung in einigen Stunden schon merklich ab.[1])

Schon die Thatsache, dass die mit negativer Ladung exponiert gewesenen Drähte durch Aluminiumfolie hindurch die Luft leitend machen, zeigt, dass eine wirkliche Becquerelstrahlung vorliegen muss. Es war indessen eine Bestätigung dieser Erfahrung auf photographischem Wege sehr wünschenswert. Eine grosse Schwierigkeit liegt darin, dass die aktive Substanz in äusserst feiner Zerteilung auf der Oberfläche der betr. Leiter verbreitet und daher schwer in konzentrierter Form zu erhalten ist. Immerhin war es möglich, eine schwache photographische Wirkung der auf die oben beschriebene Weise aktivierten Papierkohle durch eine Zinnschablone und eine Lage von Aluminiumfolie hindurch zu erzielen, doch bedarf dieses Ergebnis noch einer Kontrolle unter Verbesserung der Methode. —

Von den Folgerungen, die man aus diesen Versuchen auf das elektrische Verhalten der Atmosphäre ziehen kann, heben wir nur die eine hervor, dass überall, wo ein hohes positives Potentialgefälle der atmosphärischen Elektrizität eine grössere Dichtigkeit der negativen Ladung des Bodens bedingt, wie z. B. auf Bergspitzen, eine Aktivierung der Erdoberfläche und daher eine gesteigerte Leitfähigkeit der Luft eintreten muss.

Gewisse in der vorigen Abhandlung erwähnte Anomalien,[2]) die wir bei den Versuchen über Elektrizitätszerstreuung in geschlossenen Räumen beobachteten, sobald wir Körper einführten, die früher längere Zeit der Luft in elektrisiertem Zustande ausgesetzt gewesen waren, finden nun ihre Erklärung.

Dass die Messungen der Elektrizitätszerstreuung im Freien durch eine allmählich eintretende Aktivierung des Messapparates selbst merklich beeinflusst werden könnten, ist bei der Kürze der gebräuchlichen Expositionszeit (von 15′) und der ständigen Lufterneuerung durch den Wind unter normalen Verhältnissen nicht wahrscheinlich.

Wir fassen das Wesentliche der vorstehenden Mitteilung in folgender Weise zusammen: Die natürliche atmosphärische Luft hat die Eigenschaft, negativ geladene Körper beliebiger Art, mit denen sie in Berührung kommt, vorübergehend radioaktiv zu machen.

Benutzt man die von Rutherford eingeführte Bezeichnung der „Emanation" radio-

1) Der benutzte Draht war zuvor mit reiner Salzsäure gewaschen; der bei Verdampfung der verbrauchten Säure verbliebene Rest hatte sich als inaktiv erwiesen.

2) l. c. S. 562, Anmerkung.

aktiver Stoffe für ihre Eigenschaft, die sie umgebenden Gase nicht nur leitend, sondern selbst radioaktiv zu machen, so muss man die Existenz einer solchen Emanation — nach einer soeben erschienenen Publikation Rutherfords[1]) vielleicht eines radioaktiven Gases — in der Atmosphäre annehmen.

1) E. Rutherford, Nature **64**, 157, 1901.

(Eingegangen am 24. Juni 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen.

Von E. Wiechert.[1])

Meine Herren! Wenn ich hier über die Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen sprechen will, so habe ich keineswegs die Absicht, ausführliche theoretische Untersuchungen vorzuführen. Es muss vielmehr und es wird genügen, Resultate anzugeben. — Bedenkt man die ausserordentliche Fülle der Konstruktionen und die vielfach gewählten Komplikationen, so könnte man vermuten, dass auch die Wirkungsweise in entsprechender Weise variieren und zuweilen recht kompliziert sein werde. Das trifft aber erfreulicherweise nicht zu: die Wirkungsweise ist vielmehr in allen praktischen Fällen überraschend gleichförmig und einfach. Hierauf hinzuweisen ist ein wesentlicher Teil meiner heutigen Aufgabe. Fragen, welche heute berührt wurden und Wünsche, die ich in Ihrem Kreise aussprechen hörte, veranlassen mich, die mathematischen Erörterungen noch weiter einzuschränken, als es zunächst meine Absicht war. Ich verweise in dieser Hinsicht auf eine ausführlichere Abhandlung, die demnächst in den Schriften der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen erscheinen wird.

Der einfachste Seismograph wird durch ein gewöhnliches Pendel dargestellt, das seine Bewegungen mit einer Spitze aufschreibt. Denken Sie sich, um ein bestimmtes Bild zu gewinnen, die Pendelmasse auf einem leichten Stab befestigt, der oben eine horizontale Drehungsachse trägt und unten in einer Spitze endet, welche die Bewegungen auf einem durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen registriert.

Die schreibende Spitze will ich „Indikator", die ganze Länge des Stabes von der Achse bis zur Spitze „Indikatorlänge" nennen. Es ist einleuchtend, dass diese letztere die Neigungsempfindlichkeit bestimmt. Bezeichnen wir die Indikatorlänge mit $\mathfrak{J}$, die jeweilige Neigung des Apparates parallel der Schwingungsebene des Pendels mit i, die Veränderung der Ruhelage des Indikators infolge der Neigung, also den zu i gehörigen Ausschlag mit a, so kann bei den hier in Betracht kommenden kleinen Ausschlägen einfach

$$a = \mathfrak{J} i$$

gesetzt werden, wenn die Neigung in Bogenmass gemessen wird. Wegen dieser Beziehung erscheint die Indikatorlänge geradezu als Empfindlichkeit gegen Neigungsänderungen bei Anwendung von Bogenmass.

Hierbei gilt als Einheit derjenige Winkel, dessen Bogen gleich dem Radius ist, der also $360^0/2\pi = 57^0\ 17{,}75' = 206264{,}8\ ..''$ umfasst. Wegen seiner unbequemen Grösse benutzt man in der praktischen Seismometrie in der Regel eine andere Einheit, nämlich die Winkelsekunde. Entsprechend bedeutet dann

$$\mathfrak{J}/206264{,}8\ ..$$

die Empfindlichkeit in Winkelsekunden. Es ist meist erlaubt, an Stelle der Zahl 206264,8 .. die um etwa $^1/_{10}\,\%$ abweichende Zahl 206000 zu setzen, und in der Regel genügt sogar die um etwa 3% verschiedene noch bequemere Zahl 200000.

Eine Empfindlichkeit von 1 mm auf 1 Winkelsekunde würde $\mathfrak{J}/206000 = 1$ mm, also $\mathfrak{J} = 206000$ mm $= 206$ m verlangen, desgleichen eine Empfindlichkeit von 10 mm auf 1 Winkelsekunde eine Indikatorlänge $\mathfrak{J} = 2060$ m. Ich habe hier praktisch verwendete, noch nicht einmal besonders grosse Empfindlichkeiten herangezogen; so werden Sie erkennen, dass der einfache Pendelseismograph aus technischen Gründen den Anforderungen nicht zu entsprechen vermag, welche wir in der Praxis stellen müssen, denn an die Anwendung von Pendeln von Hunderten oder gar Tausenden von Metern Länge kann nicht gedacht werden.

Mit der Neigungsempfindlichkeit hängt diejenige gegen Schwerkraftänderungen, wie sie z. B. den veränderten Stand von Sonne und Mond begleiten, innig zusammen. Das Auftreten einer horizontalen Komponente der Schwere Δg parallel der Schwingungsebene hat eine Änderung der Schwerkraftrichtung um einen Winkel zur Folge, den wir bei so kleinen Beträgen, wie sie hier in Betracht kommen, $= -\Delta g/g$ setzen können, wirkt also gerade so auf die Ruhelage des Pendels, wie eine

1) Vortrag, gehalten auf der ersten internationalen Erdbebenkonferenz in Strassburg, April 1901.

Neigung $i = + \Delta g/g$ des Apparates. So gehört denn zu Δg der Ausschlag

$$a = \frac{J}{g} \Delta g$$

und stellt J/g die Empfindlichkeit gegen Änderungen der horizontalen Komponente der Schwerkraft parallel der Schwingungsebene dar.

Der Pendelseismograph reagiert ausser auf Neigungen und Schwerkraftänderungen auch auf horizontale Verschiebungen parallel der Schwingungsebene. Den theoretischen Erwägungen hierüber wollen wir ein sogenanntes mathematisches Pendel zu Grunde legen, indem wir annehmen, dass das Pendelgewicht als punktförmig und die Masse des Stabes als verschwindend klein gegenüber der Masse des Pendelgewichtes gelten darf. Unter solchen Umständen wird das Pendelgewicht bei kleinen sehr schnellen Horizontalverschiebungen parallel der Schwingungsebene den Bewegungen des Gestelles nicht folgen, sondern „stationär" bleiben, wie die Seismologen zu sagen pflegen. Den erzwungenen Bewegungen des Gestelles entsprechen in diesem Falle gleichgrosse, aber entgegengesetzte scheinbare Bewegungen des Pendelkörpers. Diese wiederum werden vom Indikator

$$V = \frac{J}{L}$$

mal vergrössert aufgezeichnet, wenn L die Pendellänge, d. h. den Abstand des Pendelgewichtes von der Achse bezeichnet. V wollen wir die „Indikatorvergrösserung" nennen. Wie ersichtlich giebt sie negativ genommen die Vergrösserung sehr schneller Parallelverschiebungen an.

L bestimmt die Periode der Eigenschwingungen, die wir mit T bezeichnen wollen, denn es ist nach einem bekannten Satz der Mechanik

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{L}.$$

Finden Neigungen, Schwereänderungen und Verschiebungen in irgend einer Weise gleichzeitig statt, so liefert die Theorie für die Bewegung des Indikators folgende Gleichung:

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - V\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g\right)$$

oder

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\frac{g}{L}\, a - \frac{J}{L}\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g\right),$$

wobei ξ die Verschiebung parallel der Schwingungsebene bedeutet, wenn auf die hemmenden Einflüsse, vor allem die Reibung, keine Rücksicht genommen wird, und wenn solche Glieder weggelassen werden, welche für die gewöhnliche Praxis ohne Belang sind. Die hingeschriebene Gleichung giebt den Zusammenhang zwischen den Störungen und den Indikatorbewegungen vollständig an, denn sie bestimmt die Indikatorbewegungen, wenn die Störungen gegeben sind; ich werde sie weiterhin die „Indikatorgleichung" nennen.

Sie erkennen, dass für die Wirkungsweise unseres Seismometers die 4 Grössen T, L, V, J charakteristisch sind. Doch ist zu bemerken, dass zwischen ihnen die beiden Beziehungen:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{L}, \qquad V = \frac{J}{L}$$

bestehen. Zur Feststellung der Eigenart des Seismometers genügen also schon 2 Grössen. Wir können dabei T oder L mit V oder J kombinieren oder auch das Paar V und J wählen.

Da bei gegebenen Störungen die Bewegungen des Indikators durch die Indikatorgleichung beherrscht werden, ist umgekehrt bei gegebener Indikatorbewegung auch nur mittels der Indikatorgleichung auf die Störungen zu schliessen. Hieraus folgt, dass aus den Aufzeichnungen des Seismographen zunächst allein der Wert des Ausdruckes

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g$$

und seine Veränderungen abgeleitet werden können. Wie die einzelnen Störungsursachen, die Verschiebungen, die Neigungen und die Schwereänderungen, sich hierbei zusammenfügen, ist von der besonderen Art des Seismographen, der Pendellänge und der Indikatorlänge, ganz unabhängig, denn in den entscheidenden Ausdruck geht keine der charakterisierenden Grössen ein. Es ist also eine Trennung der Störungsursachen durch ein Studium der Aufzeichnungen nicht möglich, und sie bleibt sogar dann unmöglich, wenn man die Diagramme von Seismographen verschiedener Art miteinander vergleicht. Dieser für die Seismometrie äusserst wichtige Punkt ist oftmals übersehen worden. Dass eine Verwechslung der Wirkung von Neigungen und Verschiebungen möglich ist, hat Herr Professor August Schmidt (Stuttgart), den in unserer Mitte zu sehen, wir die Freude haben, 1898 (in den Beiträgen zur Geophysik, Bd. III) nachdrücklich hervorgehoben.

Vielleicht werden Sie den Einwand machen, dass unsere Überlegungen sich nur auf den einfachen Pendelseismographen beziehen, andere Apparate aber sich anders verhalten können. Da ist es interessant, dass die mathematische Theorie sich auch für beliebig konstruierte Seismometer durchführen lässt, ohne dass es nötig wäre, die Einzelheiten des Baues zu kennen, und dass sich dabei für die gewöhnlich in Betracht kommenden Konstruktionen genau wieder die vorhin mitgeteilte Indikatorgleichung ergiebt. Stets lässt sich also ein Pendelseismograph der beschriebenen

einfachsten Art angeben, welcher sich gerade so wie das betreffende Instrument verhält. Die früheren Schlussfolgerungen bleiben also auch im allgemeinen Falle bestehen. Zugleich erkennen wir, dass der Hinweis auf die äquivalenten einfachen Pendelseismographen in bequemster Weise zur Charakterisierung der Instrumente dienen kann.

T bedeutet auch im allgemeinen Falle die Schwingungsperiode, L wird eine Rechnungsgrösse, welche im Hinblick auf das Verhalten des einfachen Pendels „äquivalente Pendellänge" genannt werden kann. $\mathfrak{J}$ stellt wieder die Neigungsempfindlichkeit, $\mathfrak{J}g$ die Empfindlichkeit gegen Schwerestörungen dar, so dass $\mathfrak{J}$ als „äquivalente Indikatorlänge" zu bezeichnen ist. V behält seine Bedeutung als Vergrösserung sehr schneller Parallelverschiebungen und wird darum allgemein „Indikatorvergrösserung" heissen können.

Was bisher mitgeteilt wurde, bezieht sich nur auf „Horizontalseismographen", d. h. auf Apparate, welche horizontale Verschiebungen und horizontale Schwerkraftänderungen registrieren. Wie steht es nun um die „Vertikalseismographen", d. h. um die Apparate, welche die vertikalen Verschiebungen und die vertikalen Schwereänderungen aufzeichnen? — Hier liefert die Theorie unter ganz ähnlichen Vernachlässigungen wie vorhin wiederum dieselbe Indikatorgleichung, nur dass nun das Glied mit i fortfällt. Zwischen den L, T, $\mathfrak{J}$, V bestehen wieder die früher hingeschriebenen beiden Beziehungen; ξ bedeutet nun die Vertikalverschiebung, $\triangle g$ die Störung der Vertikalkomponenten der Schwerkraft. Das Verhalten entspricht also genau dem der Horizontalseismographen, nur dass die Neigungsempfindlichkeit kein Analogon findet. T ist auch jetzt die Schwingungsperiode, V die Indikatorvergrösserung, d. h. die Vergrösserung sehr schneller Parallelverschiebungen, $\mathfrak{J}g$ die Empfindlichkeit gegen Schwereänderungen. Es steht nichts im Wege der Einheitlichkeit wegen L und $\mathfrak{J}$ wieder „äquivalente Pendellänge" und „äquivalente Indikatorlänge" zu nennen.

Um die Anschaulichkeit des Gesagten zu erhöhen, will ich die charakteristischen Daten für einige Seismographen hier angeben (siehe die Tabelle auf der nächsten Spalte).

Die bei den Vertikalseismographen in der Rubrik $\mathfrak{J}/206000$ angegebenen Zahlen zeigen den Ausschlag des Indikators an, welcher einer Veränderung der Schwerkraft um den 206000sten Teil ihrer Grösse zugehört und haben so für die Vertikalkomponente der Schwerkraft eben dieselbe Bedeutung, wie die entsprechenden Zahlen bei den Horizontalseismographen für die Horizontalkomponente.

I. Horizontalseismographen.

Apparat	T (Sek.)	L (Meter)	$\mathfrak{J}$ (Meter)	$\frac{\mathfrak{J}}{206000}$ (Millim.)	V
Milne's Horizontalpendel	15	56	400	2	7
Omori's Horizontalpendel	28	200	2000	10	10
Kurzes Vicentinisches Pendel . . .	1,2	1,5	150	3/4	100
Ehlert's Horizontalpendel	12	36	3500	17	100[1])
Langes Vicentinisches Pendel . . .	6,5	10,5	1700	8	160
Wiechert's astatisches Pendel	11,2	31	6600	32	210

II. Vertikalseismographen.[2])

Apparat	T (Sek.)	L (Meter)	$\mathfrak{J}$ (Meter)	$\frac{\mathfrak{J}}{206000}$ (Millim.)	V
Vicentini's Instrument	1,2	0,36	32	1/7	90
Schlüter's „	15	56	9000	43	160
Wiechert's Probeapparat	2,2	1,2	225	1	190
August Schmidt's Trifilar	1,5	0,56	230	1	400

Der Konstrukteur des unter den Vertikalseismographen an zweiter Stelle aufgeführten photographisch registrierenden Instrumentes ist mein Assistent im Göttinger geophysikalischen Institut eine Beschreibung des Instrumentes und seiner Ergebnisse ist für den Druck vorbereitet; wie wundervoll die Diagramme sind, werden Sie an der Originalaufzeichnung eines Erdbebens sehen, welche dort ausgestellt ist. Das an dritter Stelle aufgeführte Instrument wurde von mir konstruiert, um daran Vorstudien für den Bau eines grösseren Instrumentes zu machen.

Wie man die Zahlenangaben der Tabellen zur Beurteilung der Leistungen der Instrumente verwenden kann, ist nach der gegebenen Erklärung der Grössen T, L, V, $\mathfrak{J}$ bis zu einem gewissen Grade unmittelbar einleuchtend; wir werden bald noch weitere Anhaltspunkte finden.

Zunächst will ich nochmals zu der äusserst wichtigen Frage nach der Trennung von Neigungen und Parallelverschiebungen zurückkehren, bei der die gewöhnlichen Seismographen versagen. Ein Mittel der Abhilfe wird uns durch die Theorie der Instrumente angewiesen, wenn man sie genauer ausführt, als den angegebenen Formeln entspricht.

Vergegenwärtigen Sie sich wieder den einfachen Pendelseismographen, mit dessen Betrachtung wir begannen, und denken Sie sich

1) Die von Ehlert selbst angegebene Zahl verlangt wegen der Abweichung des Schwingungspunktes eines Pendels vom Schwerpunkt eine Korrektion.

2) Diese Tabelle mit den angeknüpften Erklärungen wurde bei dem Vortrage unterdrückt, um Zeit zu sparen.

das Instrument auf einen recht hohen Pfeiler gestellt. Bei einer plötzlichen Neigung der Erdoberfläche wird es dann entsprechend stark seitlich bewegt werden, und, da der Pendelkörper stationär bleibt, muss ein plötzlicher Ausschlag erfolgen. Hiermit ist die vorhin angegebene Indikatorgleichung

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - V\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \triangle g\right)$$

im Widerspruch, denn eine plötzliche Änderung von a verlangt sehr grosse Werte von d^2a/dt^2, und solche sind nach der Gleichung mit einer plötzlichen Änderung von i nicht verbunden. Sie werden erkennen, dass eine Unvollständigkeit insofern besteht, als die Entfernung des Pendelkörpers von der Referenzstelle der Erdoberfläche nicht berücksichtigt wird. Führt man die Theorie in dieser Hinsicht genauer aus, so tritt für i auf der rechten Seite der Indikatorgleichung der Ausdruck

$$-W\frac{d^2i}{dt^2}$$

hinzu, in welchem die Konstante W von der Höhenlage des Pendelkörpers abhängt; es ist $W = VZ$, wenn Z die Höhe bedeutet. Auch im allgemeinen Falle beliebiger Konstruktion des Seismographen ergiebt sich ein solches Glied, nur dass die Bedeutung der Konstanten W dann komplizierter wird.

Da i in die Glieder mit W und V in verschiedener Weise eingeht, wird eine Aussonderung von i und damit eine Trennung der Parallelverschiebungen und der Neigungen möglich, wenn man die Aufzeichnungen von Instrumenten miteinander vergleicht, in welchen das Verhältnis von W und V ein anderes ist. Bei den einfachen Pendelseismographen ist $W/V = Z$, muss also eine verschiedene Höhe des Pendelkörpers gewählt werden.

Herr W. Schlüter, den ich eben erwähnte, unternahm es als seine Doktorarbeit, experimentell festzustellen, in welchem Masse bei den Erdbeben Parallelverschiebungen und Neigungen miteinander verbunden sind. Er erdachte und baute zu diesem Zweck einen „Klinographen". Das Instrument stellt in seinem Hauptteil einen Wagebalken ohne Schalengehänge dar, der in 75 cm Abstand von der Achse auf beiden Seiten Gewichte von je 5 Kilogramm trägt, und dessen Schwerpunkt so genau als irgend möglich in die Schneide gelegt ist. Auf diese Weise wird der Apparat geeignet, Neigungen anzuzeigen, während die Empfindlichkeit gegen Parallelverschiebungen sehr herabgesetzt wird. Im Lichte meiner Theorie betrachtet, bedeutet das Schlütersche Verfahren, dass W/V möglichst gross gemacht wird; nach den in der Doktor-Dissertation angegebenen Daten wurde $W/V = -12000$ m erreicht. Der Klinograph entsprach also einem einfachen Pendel, dessen Körper sich 12000 m unter der Erdoberfläche befindet.

Der Vergleich der Aufzeichnungen des Klinographen mit denen eines Horizontalpendels ergab, dass bei den Fernerdbeben (welche wir in Göttingen allein erhalten), entgegen einer oft ausgesprochenen Ansicht, Neigungen gegenüber den Parallelverschiebungen für die seismographischen Aufzeichnungen nicht merklich werden. Es gelang nicht einmal, die Neigungsänderungen überhaupt nachzuweisen. So können wir denn die bisherigen Untersuchungen mit der Erkenntnis abschliessen, dass bei den Erdbeben der Zusammenhang zwischen der Bewegung der Erdoberfläche und dem Indikatorausschlag a durch die einfache Gleichung

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - V\frac{d^2\xi}{dt^2} = -\frac{g}{L}a - \frac{J}{L}\frac{d^2\xi}{dt^2}$$

angegeben wird. Bei den Horizontalseismographen misst ξ die horizontale Verrückung des Erdbodens, bei den Vertikalseismographen die Vertikalverrückung. (Fortsetzung folgt.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. **Th. Des Coudres.**

A. Raps, Über Ferndrucker. (Vortrag gehalten am 28. November 1899 im Elektrotechnischen Verein, Elektrot. Zeitschr. **21**, 296, 1900.)

Der Ferndrucker hat die Aufgabe, den unmittelbaren Fernverkehr mit niedergeschriebenen Zeichen zu ermöglichen.

Er ist hervorgegangen aus dem Siemensschen Typendrucker (1847), der auf dem Prinzipe der Selbstunterbrechung basiert.

In Fig. 1 ist der Magnet a durch die Vorrichtung V zu einem Selbstunterbrecher geworden. Der von dem positiven Pol der Batterie ausgehende Strom passiert den Druckmagneten c, gelangt durch die bei b anliegende Vorrichtung V zum Fortschaltemagneten a, geht über die Fernleitung F durch den zweiten

Apparat zur Erde und kehrt von da zum negativen Pole der Batterie zurück.

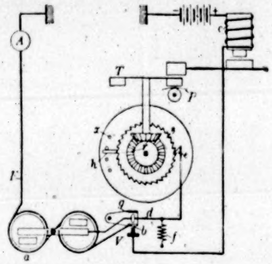

Fig. 1.

Ist die Feder f mit dem Sperrhaken e, der in das Steigrad s greift, heruntergezogen, so ist der Stromkreis bei b geschlossen, der Magnet a zieht an, e geht in die Höhe bis der Hebel d an die bewegliche Gabel g, die den Hub der Vorrichtung vergrössern soll, anstösst und dadurch den Strom unterbricht. Die Feder f zieht dann einen Zahn des Steigrades s herunter, steuert Gabel g um, schliesst dadurch den Strom bei b, und das Spiel wiederholt sich. Mit s gekuppelt ist ein Zeiger, der auf der Buchstabenskala des Telegraphen spielt. Vermittels konischer Räder r ist das Typenrad T mit dem Steigrad verbunden.

Der Druckmagnet c ist so lange bethätigt, als Strom durch den Apparat fliesst. Beim Fortschalten lässt der Magnet c den Hammer nicht los, da Unterbrechung und Schliessung bei b sehr schnell aufeinander folgen und der Stromkreis schon wieder geschlossen ist, ehe der Magnetismus des Druckmagneten so weit verschwunden ist, dass ein Abfall des Ankers stattfindet.

Ein solcher und damit ein Drucken der durch Schlitzen des Typenrades federnden Type erfolgt erst, wenn der mit dem Steigrade s starr verbundene Arm h an den vorgeschobenen Stift x anstösst, dann kann nämlich e durch die Feder f nicht mehr zurückgezogen werden, es tritt eine längere Stromunterbrechung ein, der Anker fällt ab und druckt. Der Druck wird hier also durch längere Stromunterbrechung bewirkt.

Der in Fig. 2 dargestellte Apparat wirkt durch längeren Stromschluss. Die Einleitung der Bewegung ist genau die gleiche wie beim ersten Apparat. Der Bewegungsstromkreis wird beim Anhalten des Apparates unterbrochen und dabei der in den punktierten Linien eingezeichnete Nebenschluss geschlossen, der Druckmagnet angezogen und durch verlängerte Stromdauer der Druck durch das Typenrad bewirkt. V und U ist eine schematisch angedeutete Vorrichtung zur Unterbrechung des Stromes nach erfolgtem Drucke.

Aus diesem Apparate ist später der Börsendrucker hervorgegangen. Bei demselben kommen polarisierte Systeme und intermittierende, wechselnde Ströme zur Anwendung.

Fig. 3 zeigt schematisch die Anordnung des Börsendruckers. Der eine Teil des Kommutators C ist mit dem positiven Pole, der andere Teil mit dem negativen Pole der Batterie verbunden. Beide Teile des Kommutators sind voneinander isoliert.

Die Schleifbürsten B_1 und B_2 sind um eine Zahnbreite voneinander verschoben, so dass beim Rotieren des Kommutators abwechselnd positive und negative Stromstösse in die Leitung gesandt werden.

Diese bewirken eine Fortschaltung des Steigrades s vermittelst des Echappements E und des polarisierten Systems H.

Durch die Fortschaltung des Steigrades s

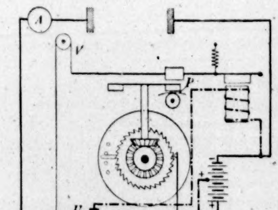

Fig. 2.

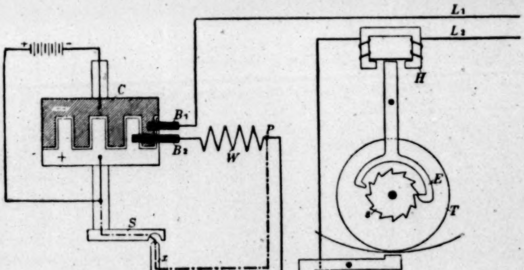

Fig. 3.

wird eine Fortschaltung des damit verbundenen Typenrades *T* bewirkt; Kommutator und Typenrad sind also zwangsläufig miteinander verbunden. Mit *C* verbunden ist der Schlitten *S*. Unter letzterem stehen kreisförmig angeordnet die Stifte *x*, welche durch einen Tastendruck bei *A* in die Höhe gebracht werden können. Dadurch wird *S* angehalten, der Kommutator und auch das Typenrad zum Stehen gebracht und der dem Papierband gegenüber befindliche Buchstabe durch einen Strom von längerer Dauer vom negativen Pol über *S*, *x*, *P* und den Druckmagneten *D* zum Abdruck gebracht. Um den Druck kräftig genug zu gestalten, wird der Widerstand *W* im Augenblick des Druckens über *S*, *x*, *P* kurz geschlossen.

Fig. 4 stellt den Empfangsapparat dar.

E ist das Echappement mit Fortschaltevorrichtung, *D* der Druckmagnet, *T* das mit dem Steigrad *s* fest verbundene Typenrad, *C* der Korrektionshebel. Letzterer schleift auf dem sich langsam drehenden Rade *r* des Uhrwerks *U*.

Wird nun beim Geber keine Taste gedrückt, während der Kommutator rotiert, so wird der Hebel *C* von *r* mittels Reibung mitgenommen. Nach zwei Umdrehungen des Typenrades wird die Nase des Korrektionshebels so weit vorgeschoben, dass ein mit dem Typenrad verbundener Arm *a* durch den Korrektionshebel *C* festgehalten wird. Diese Stellung entspricht der Blankstellung, d. h. an der dann dem Papier gegenüber befindlichen Stelle des Typenrades ist keine Type vorhanden. Der Kommutator des Gebers macht dann noch eine weitere Umdrehung und wird dann durch den Druck der Blanktaste in seiner Stellung durch den Schlitten *S* in Fig. 3 angehalten.

Durch diese einfache Manipulation wird die richtige Übereinstimmung zwischen Geber und Empfänger gesichert und bei etwaiger Störung die Phase zwischen beiden Apparaten leicht wiederhergestellt.

Beim Drucken selbst wird der Hebel *C* durch den gegen den Stift *b* schlagenden Druckhebel *h* zurückgeschlagen und so eine Arretierung durch den Arm *a* verhindert.

In Bremerhaven sind 100 derartige Börsendrucker an eine Centralstation in vier parallelen Stromkreisen zu je 25 hintereinandergeschalteten Stationen im Betrieb und bewährt sich die zur Übermittelung von Schiffsdepeschen dienende Anlage sehr gut.

Die Vereinigung von Geber und Empfänger zu einem einzigen Apparate ist nun bei dem in Fig. 5 schematisch dargestellten Ferndrucker durchgeführt.

Um die Ströme auf der Linie zu reduzieren, tritt das polarisierte Relais *R* neu hinzu, welches die Lokalbatterie einschaltet.

Dient der Apparat als Empfänger, so passieren die Stromimpulse die punktiert gezeichneten Leitungen, bethätigen das Relais *R* und der mit der Batteriemitte verbundene Hebel *h* wird abwechselnd an den positiven und negativen Pol der Batterie gelegt. Dadurch wird das Echappement *E* bethätigt, welches seinerseits eine Fortschaltung des Typenrades bewirkt.

Soll der Apparat als Geber funktionieren, so hat man die als Gebertaste *A* bezeichnete Taste in die untere Stellung zu bringen, was in der Praxis automatisch geschieht, wenn man

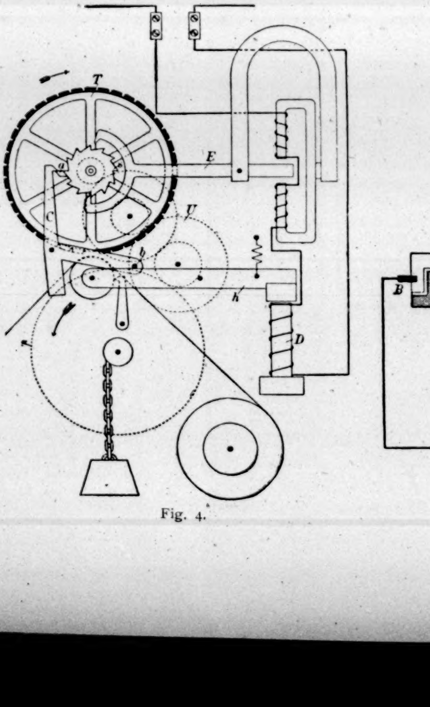

Fig. 4.

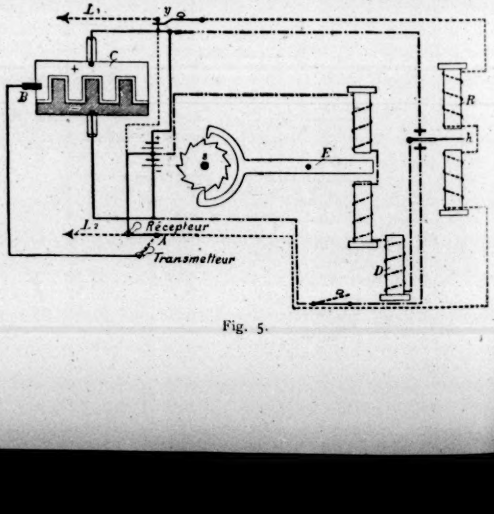

Fig. 5.

beim Beginn des Telegraphierens auf die Blanktaste drückt.

Der Strom geht von dem positiven Pole der Batterie über die Bürste *B* über das eigene Relais *R* in die Linie L_1 und durch L_2 zur Batteriemitte zurück. Durch die positiven und negativen Stromstösse werden sämtliche Relais *R* bethätigt und dadurch eine Fortschaltung aller eingeschalteten Apparate bewirkt. Nach dem Anhalten des Apparates wird die Lokalbatterie selbstthätig ausgeschaltet.

Fig. 6 zeigt den Ferndrucker ausführlicher.

Beim Geben wird die Blanktaste *P* gedrückt, wodurch Geber und Empfänger in Thätigkeit gesetzt werden. Vermittelst des Armes *q* und des Hebels *S* wird der Arm *T* von der Nase *Na* heruntergezogen und mit *3* in Kontakt gebracht, zweitens wird durch den Schieber *Q* der Umschalter *R* von *1* nach *2* gelegt. Dadurch wird ein Lokal- und ein Linienstrom geschlossen. Ersterer geht vom positiven Batteriepol über *T*, *3*, *5*, *6*, den Fortschaltmagneten *E*, den Druckmagneten *D* nach der Batteriemitte; letzterer vom positiven Pol über Kommutator *C*, Bürste *B*, *2*, *R*, Linienelektromagnet *H* zur Klemme *II*, von dort durch Fernleitung *L"* zum Empfangsapparat und von diesem durch *L'* nach der Batteriemitte des Gebers zurück.

Der erste Linienstromimpuls ist stets so gerichtet, dass das polarisierte Relais *H* nicht umgelegt wird, während der erste Lokalstromstoss immer eine Umlegung des polarisierten Fortschaltmagneten *E* und dadurch eine Weiterbewegung des Typenrades um eine Typen- resp. Bürstenbreite des Kommutators zur Folge hat.

Dadurch kommt nun die Bürste mit einem negativen Segment des Kommutators in Berührung, ein entgegengesetzter Stromstoss kommt zu stande, der Geber- und Empfänger-Relais *H* von *5* nach *4*, zugleich Fortschaltemagnet *E* unter Vorwärtsbewegung von *B* und *K*, die auf derselben Achse *a* sitzen, umlegt.

Es kommt wieder ein positives Kommutatorsegment mit der Bürste in Kontakt, Relais *H* wird wieder von *4* nach *5*, *B* und *K* um einen Schritt weiter gerückt. Das Spiel wiederholt sich.

Durch die sehr kurzen Stromstösse für die Vorwärtsbewegung wird der Druckmagnet nicht bethätigt.

Sobald aber das Geber-Typenrad und die Bürste einen Umgang vollführt haben, wird durch den beim Druck der Taste *T* vorgeschobenen Stift *x* das Typenrad angehalten und durch den Lokalstrom längerer Dauer die Druckvorrichtung *D* bethätigt und dadurch

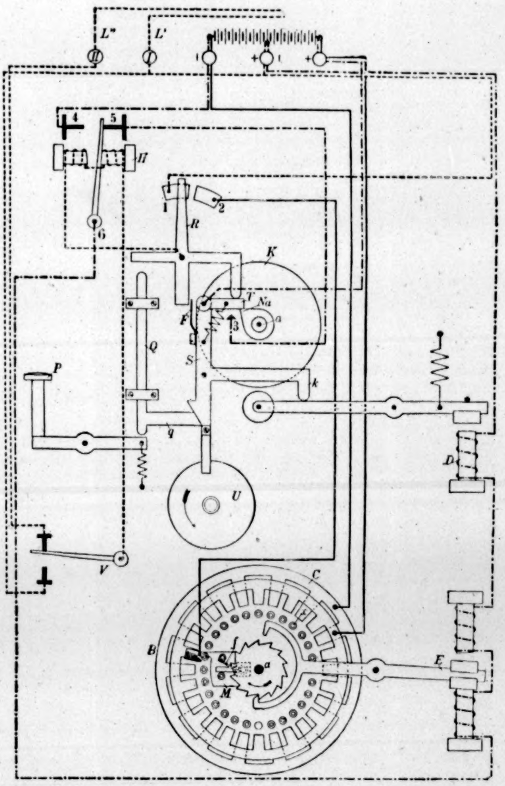

Fig. 6.

beim Empfänger die Herstellung des Kontaktes zwischen *T* und *3* bewirkt.

Dadurch kann aber jetzt noch keine Fortschaltung der Typenräder erfolgen, da die Relaiszungen *6* noch an *4* liegen. Erst wenn die Bürste freigegeben und mit dem nächsten Kommutatorsegment in Berührung gebracht wird, kommt bei Geber und Empfänger nach Umlegen des Relais *H* ein Lokalstrom zu stande,

Fig. 7.

welcher ein Weiterschreiten der Typenräder nach sich zieht. Von nun an laufen beide Apparate synchron weiter, bis, wenn sie sich selbst überlassen bleiben, der Empfänger nach zwei, der Geber nach drei Umdrehungen zur Ruhe kommt.

Hierbei geschieht gleichzeitig automatisch die Ausschaltung der Lokalbatterien, die Umlegung von *R* in die Empfangsstellung und eine etwa nötige Korrektion.

Damit nun die Bürste nach Loslassen der Taste *T* auf das nächste Kommutatorsegment gelangt, sowie damit überhaupt eine Fortschaltung des Apparates erfolgen kann, ist es erforderlich, dass die Bürste dem Typenrade gegenüber eine gewisse Voreilung besitzt. Die Bürste muss bereits das nächste Segment berühren, ehe das Echappement seinen Hub vollendet hat; nach Anhalten der Bürste kommt dann noch ein Lokal- und ein Linienstrom zu stande, der die Typenräder zu drehen sucht. Beim Geber wird die Drehung durch den Stift *x* verhindert, während sich der Empfänger um eine Typenbreite weiterbewegen würde.

Dadurch würde aber der Synchronismus beider Apparate gestört werden. Ausserdem würde der Apparat nach Loslassen der Taste nicht von selbst weiterlaufen, da kein entgegengesetzter Stromimpuls die Fortschaltmagnete bethätigen kann.

Beide Übelstände werden durch die elastische Kuppelung *M* von *B* und *K* beseitigt. Dieselbe gestattet auch dem Geber-Typenrade beim letzten Hub des Echappements einen Schritt auszuführen, da die Kupelungsfeder *f* von der Kraft des Steigrades überwunden wird.

Jetzt ist der Synchronismus auch beim Anhalten der Bürste gewahrt und auch nach Loslassen der Taste wird der Apparat weiter laufen, da die Bürste durch die Spannung der Feder *f* auf das folgende Segment gelangt und so einen entgegengesetzten Stromimpuls bedingt, der die Apparate fortschaltet.

Der Ferndrucker, von dem Fig. 7 eine perspektivische Ansicht wiedergiebt und der die handliche Form einer Schreibmaschine besitzt, hat eine viel grössere Anwendungsfähigkeit als der vorher beschriebene Börsendrucker.

Verschiedene Abonnenten sind an eine Ferndruckercentrale angeschlossen und können unter einander schriftliche Depeschen austauschen. Auch können alle angeschlossenen Apparate zugleich bethätigt werden und so Cirkulardepeschen allgemein interessierenden Inhalts verbreitet werden.

In Berlin befindet sich eine solche Versuchsanlage mit der Centrale auf dem Haupttelegraphenamte und 6 Teilnehmern, unter anderem sind das Reichspostamt, die Kaiserliche Ober-Postdirektion, das Kaiserliche Telegraphen-Versuchsamt u. s. w. angeschlossen.

Wünscht ein Teilnehmer mit einem anderen zu korrespondieren, so drückt er zunächst auf einen schwarzen Knopf im Sockel des Apparates und bringt dadurch auf dem Amte eine Klappe zu Fall. Das Vermittelungsamt meldet sich mit einem ?, worauf der Anrufende mit der Nummer des Anzurufenden antwortet.

Die gedrückte Taste muss so lange gehalten werden, bis der Apparat zum Stehen gekommen ist, da der betreffende Buchstabe sonst natürlich nicht zum Abdruck kommt.

Sollte die Übereinstimmung irgend einmal gestört sein, so braucht man nur den Apparat bis zum Stillstand auslaufen zu lassen, um den Synchronismus wiederherzustellen.

Bei Cirkular-Depeschen werden alle Teilnehmer mit „Cirk" angerufen; eine Unterbrechung der Cirkular-Depeschen von einem einzelnen Teilnehmer ist unstatthaft.

E. Ruhmer.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.